

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ WYTWARZANEJ PRZEZ INSTALACJE FOTOWOLTAICZNE

Autor: Zbigniew Zapałowicz, Dariusz Szyszka

(„Rynek Energii” – 12/2010)

Słowa kluczowe: instalacja fotowoltaiczna, energia elektryczna

Streszczenie. W artykule opisano dwie autonomiczne instalacje fotowoltaiczne znajdujące się w Ośrodku Szkoleniowo-Badawczym w Ostoi koło Szczecina. Instalacje te zakupiono i uruchomiono w roku 2008 dzięki wsparciu finansowemu pochodzącemu z programów Unii Europejskiej. Instalacje różnią się przede wszystkim rodzajem modułów PV tworzących panel. Jedna z instalacji wyposażona jest w moduły monokrystaliczne, druga w moduły cienkowarstwowe CIS. W obu instalacjach panele PV są umieszczone na ruchomych konstrukcjach nośnych. Instalacje te współpracują z zestawami akumulatorów. Zmagazynowana w akumulatorach energia elektryczna jest wykorzystywana do oświetlenia nocnego terenu ośrodka. W pracy analizowano stopień dobowego wykorzystania wytwarzanej energii elektrycznej pomiędzy czerwcem 2009 a majem 2010 roku.

1. WSTĘP

Bezpośrednia konwersja energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną przy wykorzystaniu efektu fotowoltaicznego to jedna z najszybciej rozwijających się technologii energetycznych w ostatnim dwudziestolecu [1-3]. Jak wynika ze scenariuszy rozwoju podanych przez European Photovoltaic Industry Association – EPIA w roku 2013 moc zainstalowana w instalacjach PV będzie dwukrotnie większa w porównaniu z rokiem 2008 [1]. Aktualny stan rozwoju fotowoltaiki w Unii Europejskiej, z szczególnym wkładem w ten rozwój nowych jej członków, podał Pietruszko [4].

W Polsce istnieje szereg instalacji fotowoltaicznych, jednak analiza wyników ich pracy jest podawana stosunkowo sporadycznie [5].

W Katedrze Techniki Ciepłej Zachodnio-pomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie od roku 1999 prowadzone są badania eksploatacyjne instalacji PV przyłączonej do sieci elektroenergetycznej (instalacja typu „on-grid”). Wyniki dziesięcioletniej pracy tej instalacji podano w pracy [6]. Nowe możliwości badawcze powstały z chwilą oddania do użytku dwóch nowych, autonomicznych instalacji PV w Ośrodku Szkolno-Badawczym w Ostoi koło Szczecina. Inwestycja ta została zrealizowana ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu INTERREG IIIA Polska (Województwo Zachodniopomorskie –Meklemburgia Pomorze Przednie/Brandenburgia). Oddane do użytku instalacje PV są typu „off-grid”.

Celem niniejszej pracy jest analiza stopnia wykorzystania energii elektrycznej wytwarzanej w instalacjach PV typu „off-grid”. Analizie poddano parametry pracy instalacji PV w okresie czerwiec 2009 – maj 2010. Wstępne wyniki analizy pracy instalacji w Ostoi w drugim półroczu 2009 roku zamieszczono w pracach [8,9].

2. INSTALACJE PV W OSTOI

Szczegółowy opis budowy i działania instalacji PV zlokalizowanych w Ostoi można znaleźć w pracach [7-9]. W niniejszej publikacji podano tylko zasadnicze dane techniczne dotyczące obu instalacji. Pierw-

sza z instalacji posiada panel PV zbudowany z 6 modułów monokrystalicznych typu STP 180S-24/Ac firmy Suntech Power, druga wyposażona jest w panel składający się z 12 modułów fotowoltaicznych cienkowarstwowych CIS typu SCG50 - HV firmy Sulfurcell. W obu instalacjach panele umieszczono na ruchomych konstrukcjach nośnych z mechanizmem nadążnym. Mechanizm ten umożliwia podążanie zestawu modułów za pozornym ruchem słońca. Wytworzona przez panel PV energia elektryczna jest gromadzona w zestawie akumulatorów o pojemności 800Ah i napięciu znamionowym 24V. Proces ładowania i rozładowywania akumulatorów jest kontrolowany i sterowany za pomocą regulatorów ładowania typu MPPT 100/20-1 (dla modułów monokrystalicznych) i CXN 40 (dla modułów cienkowarstwowych). Ponadto praca zestawu akumulatorów jest monitorowana przez kontroler typu BMV-501. Zgromadzona w akumulatorach energia elektryczna w okresie nocnym poprzez falowniki typu Quattro 5000 jest przekazywana do instalacji oświetlenia terenu ośrodka w Ostoi. Obciążeniem dla instalacji PV z modułami monokrystalicznymi są 4 lampy mocy 75W każda. Natomiast 2 lampy o tej samej mocy stanowią obciążenie instalacji współpracującej z modułami cienkowarstwowymi. Oświetlenie ośrodka sterowane jest czujnikiem zmierzchowym.

3. METODYKA OBLICZEŃ

Na podstawie pomiarów napięć i prądów obliczono wartości mocy wytwarzanych przez panele PV oraz mocy przekazanych do układu oświetlenia ośrodka. Następnie znając czasy rejestracji danych obliczono ilości energii wyprodukowanej i zużytej w poszczególnych instalacjach PV. Do oceny efektywności pracy instalacji PV zaproponowano wprowadzenie parametru nazwanego stopniem dobowego wykorzystania energii elektrycznej wyprodukowanej przez panele PV. Parametr ten podany jest wzorem:

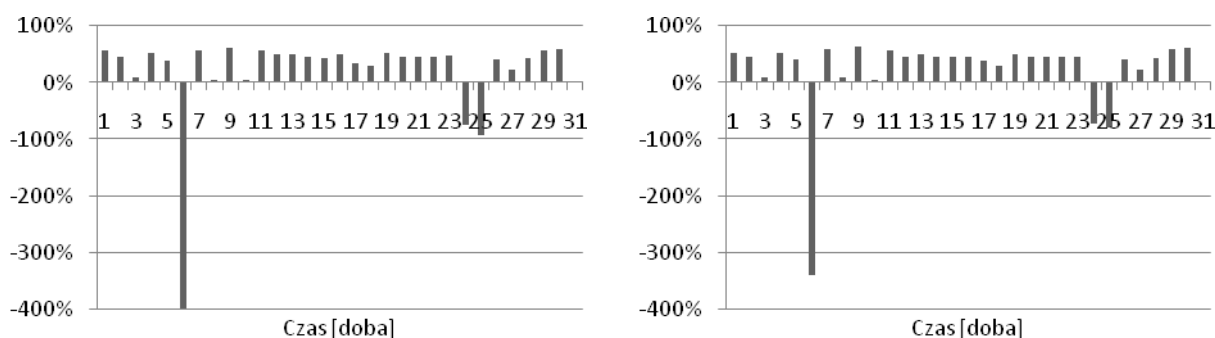
$$\varepsilon = \frac{E_{PV} - E_O}{E_{PV}} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

gdzie: E_{PV} oznacza dobową ilość energii wyprodukowanej przez panel PV, a E_O jest dobową ilością energii zużytej przez układ oświetlenia ośrodka.

Parametr ten obliczano dla każdego dnia z badanego okresu pracy każdej z instalacji PV.

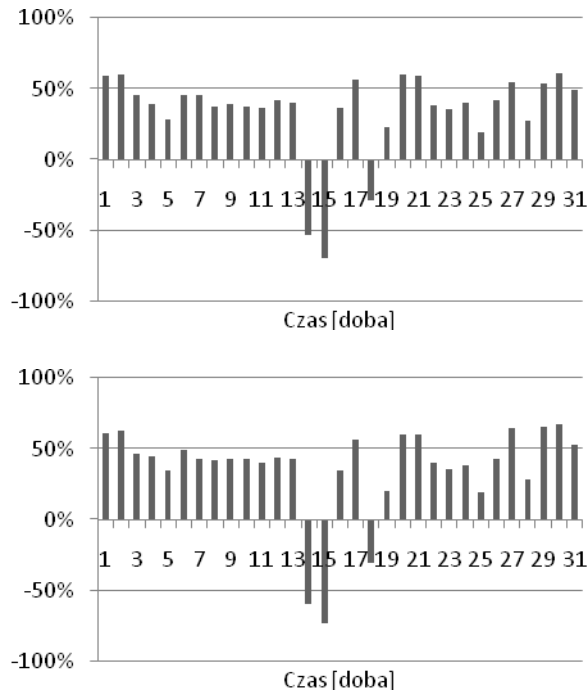
4. WYNIKI BADAŃ

Stopień dobowego wykorzystania energii elektrycznej wytworzonej przez oba zestawy PV w poszczególnych miesiącach badanego okresu podano na rys. 1-12.

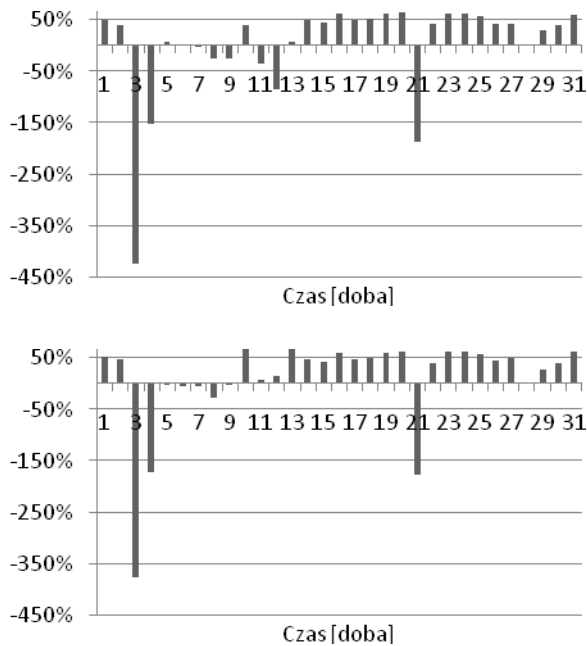


Rys. 1a i b. Dobowy stopień wykorzystania energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalacje PV z modułami monokrystalicznymi i cienkowarstwowymi – czerwiec 2009

W okresie letnim, między czerwcem a wrześniem 2009 (rys.1-4), w obu instalacjach PV ilość wytworzonej i zakumulowanej energii elektrycznej, z wyjątkiem pojedynczych dni, wystarczała do oświetlenia nocnego ośrodka. Jednak obciążenie elektryczne powodowało tylko częściowe rozładowanie zastawów akumulatorów w okresie nocnym.

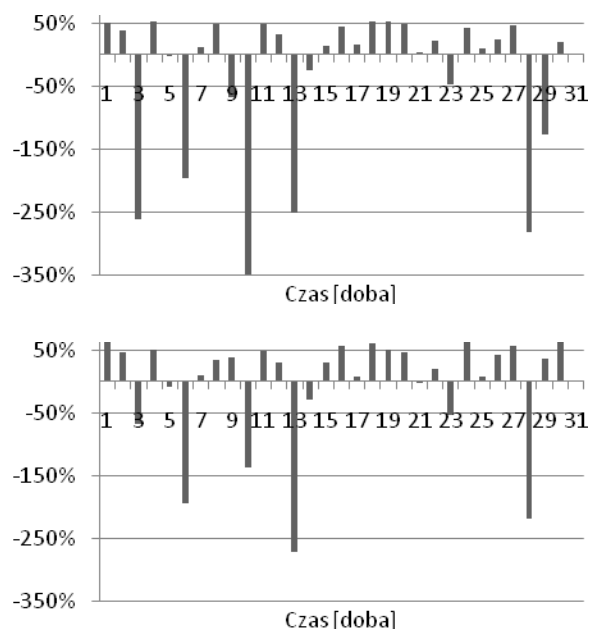


Rys. 2a i b. Dobowy stopień wykorzystania energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalacje PV z modułami monokrystalicznymi i cienkowarstwowymi – lipiec 2009



Rys. 3a i b. Dobowy stopień wykorzystania energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalacje PV z modułami monokrystalicznymi i cienkowarstwowymi – sierpień 2009

Jeśli dzień był słoneczny zestawy akumulatorów ulegały bardzo szybkiemu naładowaniu. Niekiedy już o około godziny 10 akumulatory były naładowane, a w ciągu dalszego okresu dziennego następowało jedynie ich nagrzewanie oraz uzupełnianie strat. Produkcja energii elektrycznej przez panele PV była większa niż możliwości jej wykorzystania.



Rys. 4a i b. Dobowy stopień wykorzystania energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalacje PV z modułami monokrystalicznymi i cienkowarstwowymi – wrzesień 2009

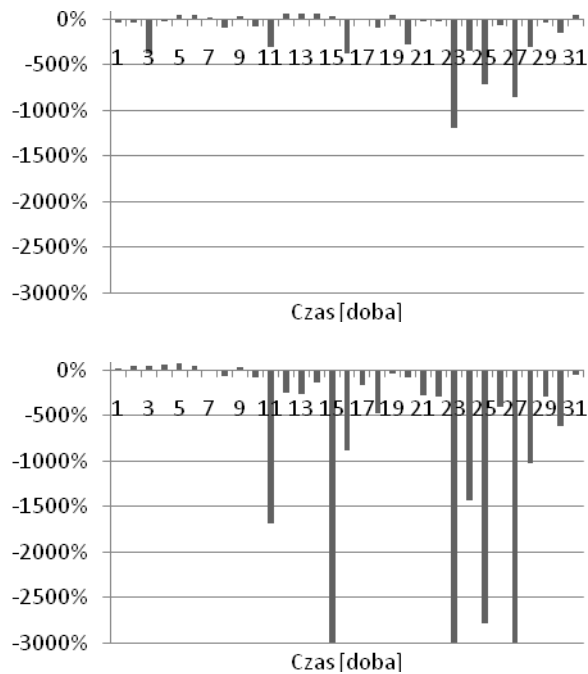
Wyjątkiem były pojedyncze pochmurne dni, kiedy produkcja energii elektrycznej przez panele PV była dużo niższa od zapotrzebowania. Pod koniec dnia zestawy akumulatorów były naładowane tylko częściowo. To powodowało, że oświetlenie terenu ośrodka wyłączało się przed upływem nocy.

W dniu 13 lipca 2009 w celu sprawdzenia możliwości pokrycia zwiększonego zapotrzebowania na energię elektryczną wyłączono czujnik zmierzchowy (rys.2). W związku z tym oświetlenie ośrodka działało również w ciągu dnia. Po jednym dniu stwierdzono, że ten sztucznie zwiększony popyt na energię nie był pokryty produkcją energii elektrycznej przez panele PV nawet w słoneczny letni dzień. W dniach 14 i 15 lipca stwierdzono, że ilość zgromadzonej w zestawach akumulatorów energii elektrycznej nie była wystarczająca do całonocnego oświetlenia terenu ośrodka.

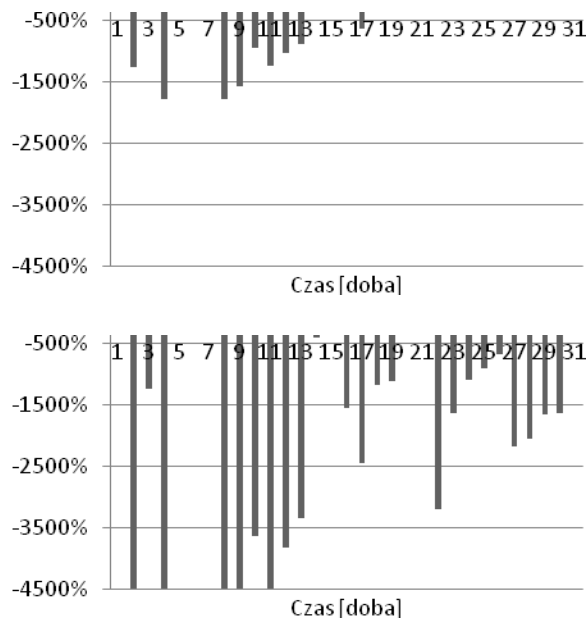
W sierpniu 2009 działanie obu instalacji było podobne jak w czerwcu i lipcu (rys.3). Natomiast we wrześniu 2009 stwierdzono większą liczbę dni, kiedy zapotrzebowanie na energię elektryczną było większe niż jej wytwarzanie (rys.4).

Najkorzystniejsze warunki pracy dla obu instalacji wystąpiły na początku października 2009 (rys.5). Obciążenie i produkcja energii elektrycznej były prawie takie same. Niestety w końcowych dniach października 2009 instalacja PV z modułami monokrystalicznymi nie była w stanie wytworzyć wystarczającej ilości energii elektrycznej.

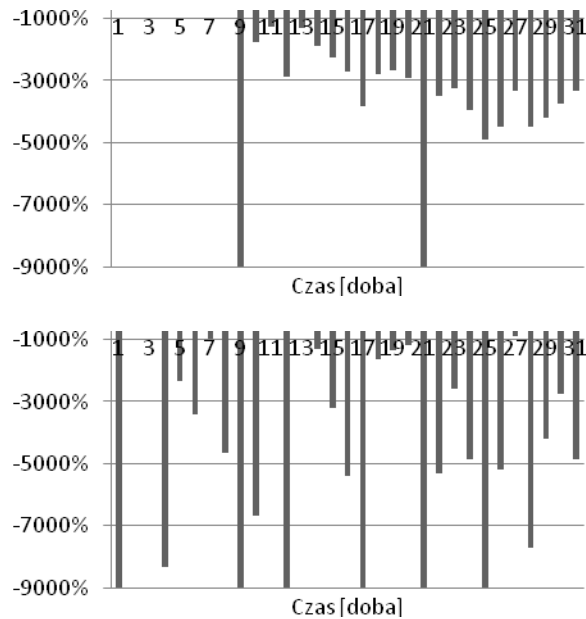
W okresie jesieni oraz zimy tj. między połową listopada 2009 a połową lutego 2010, instalacje PV zapotrzebowanie na energię elektryczną było dużo wyższe niż możliwości jej pokrycia produkcją energii przez panele PV (rys.6-9). W tym okresie praca instalacji oświetleniowej była wspomagana doprowadzaniem energii z sieci elektrycznej. Zmiany ustawienia automatyki dokonane w połowie listopada 2009 pozwoliły na optymalną pracę zestawu akumulatorów [9].



Rys. 5a i b. Dobowy stopień wykorzystania energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalacje PV z modułami monokrystalicznymi i cienkowarstwowymi – październik 2009



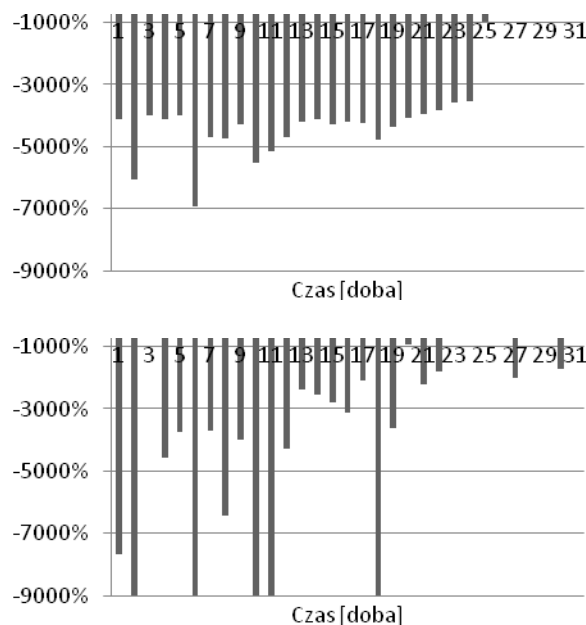
Rys. 6a i b. Dobowy stopień wykorzystania energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalacje PV z modułami monokrystalicznymi i cienkowarstwowymi – listopad 2009



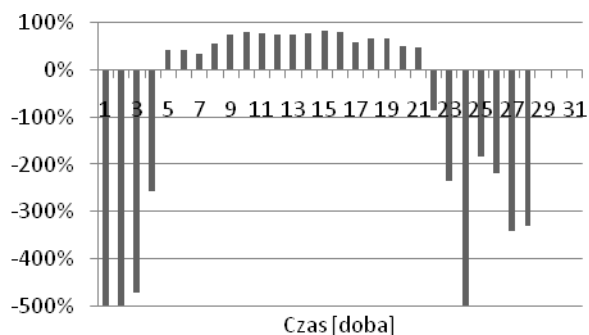
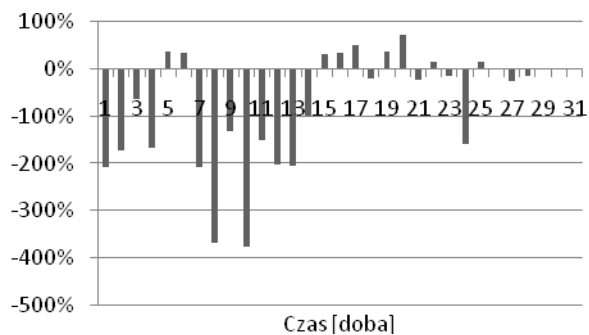
Rys. 7a i b. Dobowy stopień wykorzystania energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalacje PV z modułami monokrystalicznymi i cienkowarstwowymi – grudzień 2009

Dopiero od połowy lutego i w marcu 2010 praca instalacji PV była podobna do pracy w okresie wczesnej jesieni (rys.9 i 10). Na podstawie danych z tego okresu stwierdzono, że podaż i popyt na energię elektryczną były prawie równe.

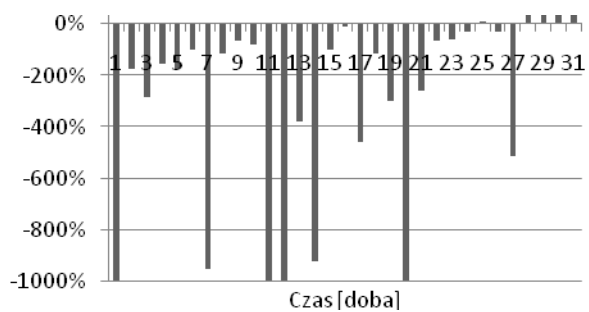
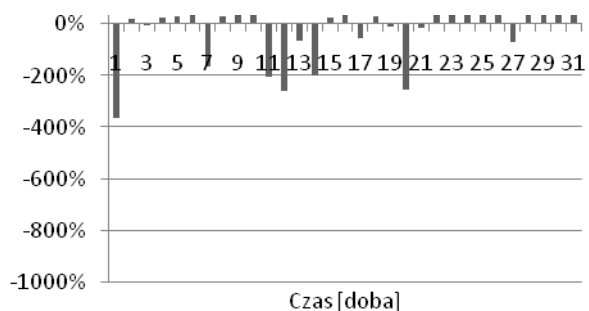
W końcu marca 2010 nastąpiła awaria systemu nadążnego w instalacji PV z modułami monokrystalicznymi. Jak widać na rys.11 awaria ta została usunięta w połowie kwietnia 2010. W tym czasie obie instalacje PV pracowały w trybie zasilania awaryjnego. Produkowana przez panele PV energia elektryczna uzupełniała straty tej energii w zestawach akumulatorów. Instalacja oświetlenia ośrodka była zasilana z tradycyjnej sieci elektrycznej.



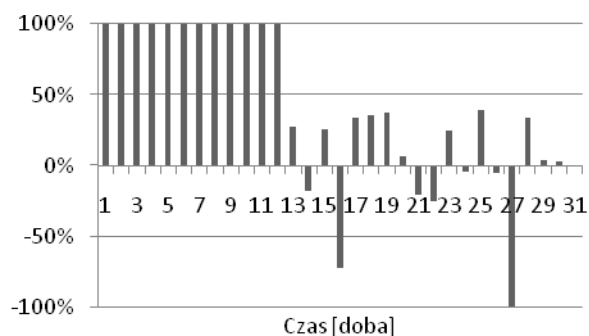
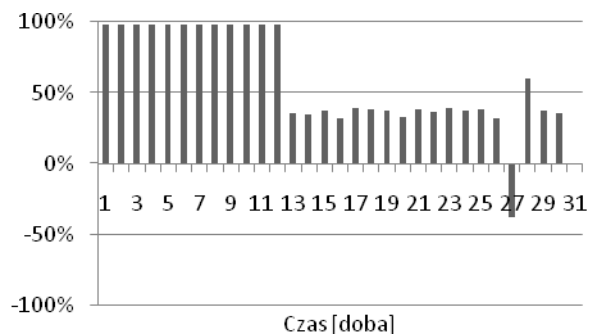
Rys. 8a i b. Dobowy stopień wykorzystania energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalacje PV z modułami monokrystalicznymi i cienkowarstwowymi – styczeń 2010



Rys. 9a i b. Dobowy stopień wykorzystania energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalacje PV z modułami monokrystalicznymi i cienkowarstwowymi – luty 2010

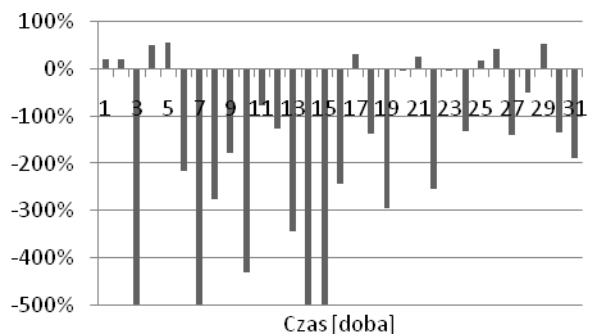
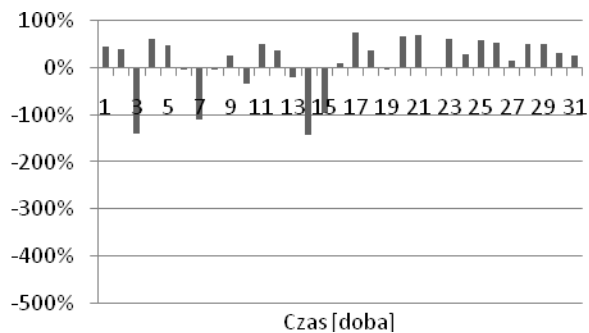


Rys. 10a i b. Dobowy stopień wykorzystania energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalacje PV z modułami monokrystalicznymi i cienkowarstwowymi – marzec 2010



Rys. 11a i b. Dobowy stopień wykorzystania energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalacje PV z modułami monokrystalicznymi i cienkowarstwowymi – kwiecień 2010

W maju 2010 instalacja PV z modułami monokrystalicznymi wytwarzała więcej energii elektrycznej niż wynosiło jej zużycie. Przeciwną tendencję zaobserwowano dla instalacji PV z modułami cienkowarstwowymi (rys.12).



Rys. 12a i b. Dobowy stopień wykorzystania energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalacje PV z modułami monokrystalicznymi i cienkowarstwowymi – maj 2010

5. WNIOSKI

Z przeprowadzonej analizy wyników badań instalacji PV typu „off –grid” wynika, że o efektywnej ich pracy decyduje rodzaj obciążenia. W ośrodku szkoleniowo-badawczym w Ostoi obciążeniem elektrycznym obu instalacji PV są instalacje oświetlenia terenu. Zatem zapotrzebowanie na energię elektryczną jest przeciwne do możliwości jej wytwarzania. Projektant instalacji PV tak dobrał parametry pracy instalacji PV, że w okresie wczesnej jesieni i późnej wiosny podaż i popyt na energię elektryczną prawie się równoważą.

Natomiast w okresie letnim występuje duża nadprodukcja energii elektrycznej w instalacjach PV, która powoduje przede wszystkim nagrzewanie się zestawów akumulatorów.

W okresie zimowym energia elektryczna do oświetlenia terenu ośrodka pochodzi głównie z tradycyjnej sieci elektroenergetycznej.

LITERATURA

- [1] www.epia.org: Global market outlook for photovoltaics until 2013.
- [2] Kazmerski L.L.: Photovoltaics at tipping point: taking us from the evolutionary to the revolutionary. Renewable Energy. Innovative Technologies and New Ideas. Eds. Chwieduk D., Domański R., Jaworski M. Warsaw 2008. pp.202-214.
- [3] Klugmann-Radziemska E.: Fotowoltaika – sposób na bezpieczeństwo energetyczne. Czysta Energia, nr 5, 2009, s.34-36
- [4] Pietruszko S.: Status of photovoltaics 2008 in the European Union. New member states. PV-NMS-NET 2009
- [5] Sibilski M., Znajdek K.: Krzemowe ogniwa w instalacjach fotowoltaicznych. Czysta Energia, nr 4, 2009, s.36-38
- [6] Zapałowicz Z.: Ocena parametrów pracy instalacji fotowoltaicznej z modułami monokrystalicznymi. Rynek Energii, nr 2 (81) 2009, s.65-68.
- [7] Zapałowicz Z., Rogalska P., Batko B., Dawidowski J.B.: Instalacje słoneczne w Ośrodku Szkoleniowo-Badawczym w Zakresie Energii Odnawialnej w Ostoi. Inżynieria Rolnicza, nr 1 (110), Kraków 2009, s.361-367.
- [8] Zapałowicz Z., Szyszka D.: Exploitation of photovoltaic installation in Ostoja in summer 2009. Polska Energetyka Słoneczna, nr 1-4/2009, 1/2010, s.32-37.
- [9] Zapałowicz Z., Szyszka D.: Exploitation of photovoltaic installation in Ostoja in autumn 2009. Polska Energetyka Słoneczna, nr 1-4/2009, 1/2010, s.38-42.

THE UTILIZATION RATE OF ELECTRICITY PRODUCED BY PV INSTALLATIONS

Key words: photovoltaic installation, electrical energy

Summary. The paper presents two autonomic PV installations located in Training and Research Center for Renewable Energy Sources in Ostoja nearby Szczecin. The PV installations were purchased and set working by the financial support of UE programs. The installations are equipped with the different kinds of PV modules. One of the installations consists of mono-crystalline modules, the second one of CIS modules. The panels of both installations are assembled on trackers. The PV installations charge the sets of accumulators that supply night-lighting of the Center. The paper reports an analysis of 24-hour utilization rate of electricity produced by each of PV installations between June 2009 and May 2010.

Zbigniew Zapałowicz, dr hab. inż., kierownik Zakładu Termodynamiki Technicznej w Katedrze Techniki Ciepłej, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Członek sekcji Termodynamiki KTiS PAN oraz podsekcji Przepływów Wielofazowych i Płynów Nieniutonowskich, sekcji Mechaniki Płynów, KM PAN. Członek Solar Initiative Meklemburg Vorpommern eV. w Triwalk (Niemcy), członek Polskiego Stowarzyszenia Geotermicznego. Zainteresowania zawodowe: systemy energetyczne, odnawialne źródła energii, przepływy wielofazowe. Autor 117 prac naukowych.

Dariusz Szyszka, dr inż. specjalista ds. Energii Odnawialnej, współpracownik CAD – Projekt Sp. z o.o., VMT – Polska Sp. z o.o., prezes spółki CAD – Biogaz Sp. z o.o., współpracownik Instytutu Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie oraz Ośrodka Szkoleniowo – Badawczego w Zakresie Energii Odnawialnej w Ostoi. Właściciel firmy „Lamiskata”, zajmującej się doradztwem, projektowaniem oraz nadzorem technicznym prac związanych z budową instalacji pozyskujących energię ze źródeł odnawialnych. Członek zarządu fundacji „Lemniskata”. Autor 14 prac naukowych.